

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-005102

(43)Date of publication of application : 08.01.2003

(51)Int.Cl.

G02B 26/08

B81B 3/00

B81C 1/00

(21)Application number : 2002-031615

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 08.02.2002

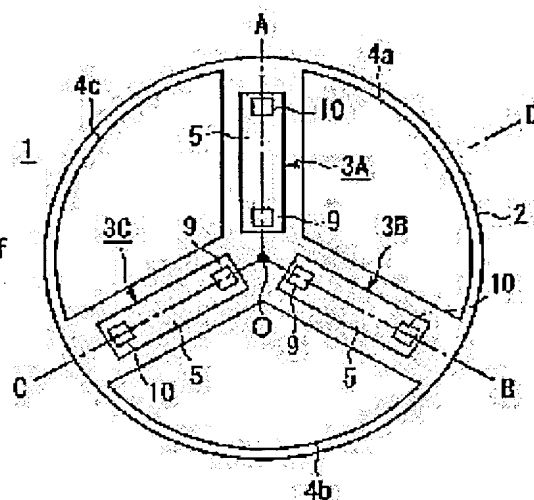
(72)Inventor : ISHIZUYA TORU  
AKAGAWA KEIICHI

(30)Priority

Priority number : 2001120440 Priority date : 19.04.2001 Priority country : JP

**(54) THIN FILM ELASTIC STRUCTURE, METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME AND MIRROR DEVICE AND OPTICAL SWITCH USING THE SAME**

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve size reduction and mass-productivity while retaining an excellent optical characteristic.**SOLUTION:** A mirror device is provided with a mirror 2 and a support mechanism which elastically supports the mirror 2 with respect to a base board 1 in a floating state and tiltably in an arbitrary direction. The support mechanism has three support parts 3A, 3B and 3C which mechanically connect the base board 1 and the mirror 2. Each of the support parts 3A, 3B and 3C has one or more leaf spring parts 5 which are composed of one or more layers of thin film. One end part of the leaf spring 5 is connected to the base board 1 via a leg part 9 having a rising part which rises from the base board 1. The other end part of the leaf spring 5 is mechanically connected to the mirror 2 via a connecting part having a rising part which rises from the other end part. The mirror 2 is supported with respect to the base board 1 only via the leaf spring part 5 of each of the support members 3A, 3B and 3C.**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

05.11.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3724432

[Date of registration]

30.09.2005

[Number of appeal against examiner's decision of

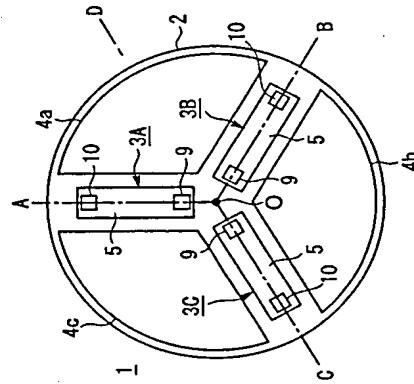
(51)Int.Cl. G02B 26/08 B81B 3/00 B81C 1/00	識別記号 G02B 26/08 B81B 3/00 B81C 1/00	F I G02B 26/08 B81B 3/00 B81C 1/00	テーコード(参考) E 2H041
(21)出願番号 特願2002-31615(P2002-31615) 平成14年2月8日(2002.2.8) (31)優先権主張番号 特願2001-120440(P2001-120440) 平成13年4月19日(2001.4.19) (33)優先権主張国 日本(JP)	(71)出願人 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 (72)発明者 石井谷 徹 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン本社内 (72)発明者 赤川 圭一 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 株式会社ニコン本社内 (74)代理人 100895770 弁理士 四宮 通	審査請求 未請求 請求項の範囲 OL (全40頁) Pターム(参考) 2B041 A614 A006 A202 A203 A208	

(54) 【発明の名称】  
薄板弾性構造体及びその製造方法並びにこれを用いたミラーデバイス及び光スイッチ

(57) 【要約】

【課題】 優れた光学特性を保ちながら、小型化及び量産性をより一層向上させる。

【解決手段】 ミラーデバイスは、ミラー2と、ミラー2を基板1に対して浮いた状態にかつ任意の方向に傾動可能で弾性支持する支持機構とを備える。支持機構は、基板1とミラー2との間を機械的に接続する3つの支持部3A、3B、3Cを有する。各支持部3A、3B、3Cは、1層以上の薄膜で構成された1つ以上の板ばね5を有する。板ばね5の一端部は、基板1から立ち上る立上がり部を持つ脚部9を介して基板1に接続される。板ばね5の他端部は、当該他端部から立ち上る立上がり部を持つ接続部を介して、ミラー2に機械的に接続される。ミラー2は、各3A、3B、3Cの板ばね5を介してのみ、基板1に対して支持される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基体と、該ミラーを前記基体  
体に対して前記基体から浮いた状態にかつ任意の方向に傾  
動可能に弾性支持する支持機構とを備え、供給される翌  
励磁信号に応じた方向及び傾き量で前記ミラーが前記基体  
体に対して傾くミラーデバイスであって、

前記支持機構は、前記基体と前記ミラーとの間を機械的に接続する1つ以上の支持部を有し、前記各支持部は、1層以上の薄膜で構成された1つ以上の板ばね部を有し、

前記各支持部の前記1つ以上の板ばね部のうちの少なくとも1つ1つの板ばね部は、前記基体から立ち上が立ち上がり部を持つ脚部を介して前記基体に機械的に接続され、

前記ミラーは、前記各支持部の前記1つ以上の板ばね部を介してのみ、前記基体に対して支持されたことを特徴とするミラーデバイス。

【請求項2】 基体と、該ミラーを前記基体  
 に対して前記基体から浮いた状態にかつ任意の方向に傾  
 動可能に弾性支持する支持機構とを備え、供給される駆  
 動信号に応じた方向及び傾き量で前記ミラーが前記基体  
 に対して傾くミラーデバイスであつて、

前記支持機構は、前記基体と前記ミラーとの間を機械的に接続する1つ以上の支持部を有し、

前記各支持部は、1 層以上の薄膜で構成された複数の板部を有し、

前記各支持部の前記複数の板ばね部のうちの2つ以上の板ばね部は、互いに機械的に直列に接続され、

前記各支持部の前記2つ以上の板ばね部がなす機械的な

記基体から立ち上がる立ち上がり部を持つ脚部を介して前記基体に機械的に接続されたことを特徴とするミラーアーム。

【請求項3】 前記ミラーは、前記各支持部の前記複数を  
の板はね部を介してのみ、前記基体に対して支持された  
ことを特徴とする請求項2記載のミラーデバイス。

【請求項4】 前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つは、前記支持部において、前記脚部が1層以上の薄壁で構成されたことを特徴とする請求項2又は3記載のミラデバイス。

【請求項5】 前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも一つは、前記2つ以上の板ばね部がなす機械的接続ノードの他端部に相当する板ばね部の一端子に接続され、前記1つ以上の支持部のうち、前記2つ以上の板ばね部がなす機械的接続ノードの他端部に相当する板ばね部の一端子に接続されたことを特徴とする。

【請求項6】 前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部において、前記2つ以上の板はね部はね部同士の間隔的な差があり、少なくとも一対の板はね

1000

部の職員の職能的な接続は、前記基本図の仮ね部  
の職員がこの部から立ち上がる立ち上がり部を持つ接  
の職員が紹介して前記ミラー図の仮ね部の職員に職能的に  
接続されることにより行われたことを特徴とする請求項  
2乃至5のいずれかに記載のミラーデータベース。

【請求項7】 前記接統部が1層以上の薄膜で構成されたことを特徴とする請求項5又は6記載のミラーデバイス。

【請求項8】 前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも一つは、一端部が前記押部を介して前記2つの支持部に接続された前記変位部は、少なくとも前記駆動部信号が供給された位置において、前記変位部を反転させることを特徴とする請求項2乃至7のいずれか1つに記載のミラーデバイス。

【請求項9】 前記少なくとも1つの支持部において、前記2つ以上の板ばね部のうちの少なくとも1つの板ばねは、少なくとも前記駆動信号が供給されていない状態において、前記基板側へ反ることを特徴とする請求項8記載のミラードデバイス。

【請求項10】 前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部において、前記2つ以上の板は部材が全体としてなす形状が、全体を同じ方向から見た側面視であるいは各部分ごとに適宜の所定方向から見た側面視である、「く」の字状、く」の字状の連続形状又はジグザグ状であることを特徴とする請求項2乃至9のいずれかに記載のミラーデバイス。

【請求項11】 前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部において、前記2つ以上の板ばね部の各々が、前記基体の面の法線方向から見た平面視で直線状に構成され、

前記2つ以上の  
 坂はね部が全体としてなす形状が、全体を同じ方向から  
 見た側面図であるいは各部分ごとに適宜の所定方向から  
 見た側面図で、「く」の字状又は「く」の字状の連続形  
 状であり、

前記2つ以上の前記少なくとも1つの支持部において、前記2つ以上の板ばね部における前記側面視で「く」の字状をなす各部が、前記基体の面の法線方向から見た平面視でそれぞれ一直線状をなすことを特徴とする請求項2乃至9のいずれかに記載のミララチデバイス。

【請求項12】 前記少なくとも1つの支持部において、一端部が前記ミラに機械的に接続された板ばね部、及び、前記板ばね部が少なくとも1つの支持部における当該一端部、及び、前記板ばね部の形状において前記2つの支持部がなす前記両面側の折り返し点部に相当する板ばね部の端部が、前記基板の面と略平行となるように、前記2つの板ばね部の各々の両方よりなるように、前記2つ以上の特徴とする。

【請求項13】 前記1つ以上の支持部うちの少なくとも1つの支持部において、前記2つ以上の板ばね部が

100



と、ミラーと、該ミラーを前記基板に対して前記基板から浮いた状態にかつ任意の方向に運動可能に弾性支持する及び前記基板と備え、供給される駆動信号に応じて方向性及び傾きを前記ミラーが前記基板に対して傾くミラーのデバイスであつて、前記支持機構は、前記基板と前記ミラーとの間を機械的に接続する1つ以上の支持部を有し、前記各支持部は、1層以上の薄層で構成された1つ以上の板ばね部を有し、前記各支持部の前記1つ以上の板ばね部のうちの少なくとも1つの板ばね部の一端部は、前記基板から立ち上がる立ち上がり部を持つ脚部を介して前記基板に機械的に接続され、前記ミラーは、前記各支持部の前記1つ以上の板ばね部を介してのみ、前記基板に対して支持されたものである。

【0009】この第1の態様によれば、ミラーを前記基体に対して前記基体から浮いた状態にかつ任意の方向に回転可能に弾性支持する支持機構が、薄板で構成されている。この支持機構は、薄板型製造工程の形状形成技術等を用いて簡単に製造することができ、少なくとも1つの板ばね部の一端部が立ち上がり部を持つ脚部を介して基体に機械的に接続されているので、脚部によってミラーの高さ（ミラーと基板との間の距離）を稼ぐことができる。このため、ミラーが比較的大きくても、ミラーの傾き可能な角度を比較的大きくすることが可能となる。

【0010】第1に、前記第1の態様において、前記1つ以上の支持部のうち少なくとも1つの支持部において、前記支持部が1層以上の薄膜で構成されてもよい。この場合、脚部が薄膜で構成されてもよく、製造が容易となることともに、わずかであっても脚部付近においても弾性変形の自由度を持つようになり、各部分同士との機械的な接続箇所にかかる応力も低減することができる。

以上の上の支持部のうち、少なくとも一つの支持部に  
て、前記１つ以上の板ばね部のうちの少なくとも一つの  
板ばね部の一端部は、当該一端から立ち上がる立ち上り部を有する  
が、立ち上り部を持つ接線部を介して、前記ミラーに機械的に接続  
されている。この場合、当該一端から立ち上がる立ち上り部を持つ  
接線部によってミラーに機械的に接続されている  
で、この接線部によってもミラーの高さを稼ぐことができる。  
傾き可能な角度をより大きくすることができる。この第  
２の場合、前記接線部が１層以上の薄板で構成されてもよい。  
の接線部）が薄膜で構成されているので、製造が容易と  
なることも、わずかながらであっても接線部付近におい  
ても弾性変形の自由度を持つようになく、各部分同士  
の機械的な接続箇所にかかる応力を低減させることができ  
る。

**【0012】**第3に、前記第1の態様において、前記1つ以上の支持部のうち少なくとも1つの支持部において前記基板が傾斜して後述されるように配置されている場合、脚座を介して前記基板上機械的に接続された電線は、少なからず前記電線の信号が供給されたい状態において、前記基板と反対側へ反って倒れようとする。この場合、脚座を通して基板と機械的に接続された電板はねばり具合によってミラーの向きを稼ぐことができる。ここでも、ミラーが比較的大きくても、ミラーの傾きを大きくすることができ。

**【0013】**第4に、前記第1の態様においては、前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部において、前記1つ以上の板は面視で直線的な形状であり、また、その長手方向から見ると平面視で直線状又は曲線状に構成され、かつ、その短手方向から見ると平面視で直線状及び曲線状のうちいずれかに構成されてもよい。

【0014】なお、前記第1の態様において、前述した第1乃至第4の事項は任意に組み合わせることもよい。

【0015】本発明の第2の態様に對して前記データベースは、基体と、ミラートを前記ミラートに対して前記基板から浮いた状態かつ任意の方向に運動可能に弾性支持される支持機構とを備え、供給される駆動信号に応じた方向及び傾き基で前記ミラートが前記基体に対して傾動したときにデータベースと前記ミラートとの間を機械的に接続する1層以上の支持部を有し、前記各支持部は、1層以上の薄板で構成された複数の板ばね部を有し、前記各支持部の前記複数の板ばね部の板ばね部を有し、前記各支持部の前記複数の板ばね部のうちの2つの2つの間に接する板ばね部を有し、前記各支持部は、前記各支持部の前記複数の板ばね部の一端部に相当する板ばね部の一端部は、前記基体から立ち上る立ち上がり部を支持し脚部を介して前記基体に機械的に接続したものである。

【0016】この第2の態様によれば、前記第1の態様と同様の点点が得られる。また、この第2の態様によれば、支持部における2つ以上の板はねが互いに機械的に直列に接続されているので、2つ以上の板はねの端部が順次接続されて全体として1つの機械的連続ループをなす構造が実現され、全体として各板はねの特性を適宜組み合わせた弾性支持特性を得ることができ、所望の弾性支持特性を得るのに際して設計の自由度が高まる。なお、各板はねは直列に接続された板はね部に対して、適宜他の板はね部を機械的に並列に接続してもよい。

【0017】本発明の第3の態様によるミラーデバイスは、前記第2の態様において、前記ミラーは、前記各支持部の仰記複数の板ね部を介してのみ、前記基体に対して支持されたものである。

【0018】この第3の態様によれば、ミラーが板ばね部を介してのみ基体に対して支持されているので、板ばね部が介在したミラーと基体との間の機械的な接続ルー

ト以外に、ミラーを基体に対して支持する別個の支持手段が必要となり、好ましい。

【0019】本発明の第4の態様によるミラーデバイスは、前記第2又は第3の態様において、前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部において、前記部が1層以上の薄膜で構成されたものである。

【0020】この第4の態様によれば、脚部が薄膜で構成されているので、製造が容易となるとともに、わずかな変形であっても弾性変形においても脚部付近において自由度を持つようになるので、各部分同士の間接的な接続箇所にかかる応力を低減することができる。

【0021】本発明の第5の態様によるミラーデバイス  
は、前記第2乃至第4のいずれかの態様において、前記  
1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部にお  
いて、前記2つ以上の板はね部がなす機械的な接合ルー  
トの他端部に相当する板はね部の一端部は、当該一端部  
から立ち上る立ち上がり部を持つ接合部を介して、前  
記ミラー部に機械的に接続されたものである。

【0022】この第5の態様によれば、少なくとも1つの板ばね部の一端部が当該一端部から立ち上がる立ち上がり部を介してミラーに機械的に接続されているので、この接続部によってもミラーの高さを稼ぐことができる。このため、ミラーが比較的大きくても、ミラーの傾き可能な角度をより大きくすることができ

【0202】本発明の第6の態様によるミラードデバイス  
は、前記第2乃至第5のものから成る態様において、前記  
1つ以上の文部料の板は少なくとも1つの文部料におおねば  
り立つて、前記1つ以上の板は右の端部同士の機械的な接続  
を有し、前記1つ以上の板は右の端部同士の機械的な接続  
を有し、前記基本体の板は右の端部が、この端部から前記ミ  
ラー側へ向かって延び、前記ミラー側へ機械的に接続され  
るものである。

【0024】この第6の態様によれば、少なくとも一方の板はねばり性の導部同士に機械的な接続が、基板上の導部を材料の端部からこの導部上の立ち上がり部を特につね接続部としてミラー側から立ちねばり性の導部機械的に接続されていくことになるので、この接続部が折れてもミラー側の導部を傷めることがなく、ミラーの破走を避けることができる。このようにしても、ミラーの破走を避けることができる。このため、ミラーは比較的大きくても、ミラーの傾き可能な角度をより大きくすることができる。

【0025】本発明の第7の態様によるミラーデバイス1は、前記図3又は第6の態様において、前記後部が1層以上の薄板で構成されたものである。

【0026】第7の態様によれば、立ち上がり部を持つ後部部（ミラーとの接合部及びノズルはほぼ垂直同士の接合部）が薄板で構成された後、異質物が容易となることにも、わずかであったとしても当該接合部有るようになることにも、わずかに自由度を持つようになつて、各部分同士の異質物変形による自由度を持つようになつて、各部分同士の

の機械的な接続箇所にかかる応力を低減することができる。

【0027】本発明の第8の態様によるミラーデバイス  
は、前記第2乃至第7のいずれかの態様において、前記  
1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部に設けら  
れた前記基板に機械的に接続された前記駆動部は、少なく  
とも前記駆動部は、少なくとも前記駆動部が供給されてい  
る状態において、前記駆動部と反対側へ戻るものである。

【0028】この第8の態様によれば、脚部を介して基体に機械的に接続された前記基板が基板と反対側へ反つていくので、この区りによってもミラーの高さを保つことができる。このため、ミラーが比較的大きくても、ミラーの傾き可能な角度をより大きくすることができる。

【0029】本発明の第9の態様によるミラーデバイス  
は、前記第8の態様において、前記少なくとも1つの支  
持部において、前記2つ以上の板ばね部うちの少なく  
とも1つの板ばね部は、少なくとも前記駆動信号が供給  
されていない状態において、前記基体側へ反るものであ  
る。

【0030】前記第8の態様では、脚部を介して基体に機械的に接続された前記基板は脚が基体と反対側へ反っている。例えば、この基板は図に示唆された他の板は脚部の全てが反っていないかあるいは基体がミラーと接続されるべき幅に対して大きく傾くことになり、これにより、ミラーと接続されるべき板は曲げられる。この場合、当該板は曲げる端部とミラーとの間接的な端部にミラーとの直接的な端部が増大し、好ましくは、少なくとも1つの板は板が基体側へ反っていると見做すことができる。したがって、前記足方を底面として近づけることができ、

面とミラーとはこれに近いことができる。

【0031】本発明の第10の態様によるミラードペーパーは、前述第2乃至第9のいずれかの態様において、前述1つ以上の支持層のうちの少なくとも1つの支持層が、全体として見たときに適宜の方向から見た面視で、くすの形状、くすの字の連続形状又はジグザグ状であるものである。

【0032】この第100の態様によれば、いわばペンダ  
グラフの四角形が実現され、各部分同士との機械的接続は该校長館所において可能とされる能力を低減することができる。

【0033】本発明の第101の態様によるミラーパイプスライムにおいては、前述第2乃至第9のいずれかの態様において、前記おいて、前記2つ以上の支持部の上の少なくとも1つの支持部に形成された凹状の溝に隣接し、前記面は法線方向から見た平面視で直線的な形状となっており、前記2つ以上の支持部において、前記2つ以上の支持部の少なくとも1つの支持部において、前記2つ以上の支持部の

ね部が全体としてなす形状が、全体を同じ方向から見た側面図であるいは各部分ごとには適宜の所定方向から見た側面図で、「く」の字状又は「く」の字状の連続形状であり、前記少なくとも1つの支持部において、前記2つ以上のね部における前記側面図で「く」の字状をなす各部分が、前記基体の面の法線方向から見た平面図でそれぞれ一直線状をなすものである。

【0034】この第11の態様は、前記第10の態様による構造を、平面図で直線状のね部を用いて実現する場合の一例を挙げたものである。

【0035】本発明の第12の態様によるミラーデバイスは、前記第10又は第11の態様において、前記少なくとも1つの支持部において、一端部が前記ミラーに機械的に接続されたね部の当該一端部、及び、前記少なくとも1つの支持部において前記2つ以上のね部が、前記側面図の形状の折り返し点部に相当するね部が、前記側面図の形状の折り返し点部に相当するね部が、前記基体の面と略々平行となるように、前記2つ以上のね部が、前記基体の面と略々長さが設定されたものである。

【0036】この第12の態様のように2つ以上のね部の各々の反方向及び長さを設定すると、各部分同士の機械的な接続箇所にかかる応力をより低減することができる。

【0037】本発明の第13の態様によるミラーデバイスは、前記第2乃至第9のいずれかの態様において、前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部において、前記2つ以上のね部が全体としてなす形状が、前記基体の面の法線方向から見た平面図で任意形状となる状態であるものである。この第13の態様は、機械的に直列に接続されたね部がなす全体形状の一例を挙げたものである。

【0038】本発明の第14の態様によるミラーデバイスは、前記第2乃至第13のいずれかの態様において、前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部において、一端部が前記基部を介して前記基体に機械的に接続されたね部の当該一端部と、一端部が前記ミラーに機械的に接続されたね部の当該一端部とが、前記基体の面の法線方向から見た平面図で、略々同じ位置に位置するものである。

【0039】前記第14の態様によれば、機械的に直列に接続された2つ以上のね部がなす機械的な接続ルート、一端部と他端部とが平面図で略同じ位置に位置するので、各部分同士の機械的な接続箇所にかかる応力をより低減することができる。

【0040】本発明の第15の態様によるミラーデバイスは、前記第2乃至第14のいずれかの態様において、前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部において、一端部が前記ミラーに機械的に接続されたね部の当該一端部が、前記基体の面と略々平行となるように、前記2つ以上のね部の各々の反方向及び

長さが設定されたものである。

【0041】この第15の態様によれば、一端部が前記ミラーに機械的に接続されたね部の当該一端部が前記基体の面と略々平行となるので、当該ね部の端部とミラーとの機械的な接続箇所にかかる応力を低減することができる。

【0042】本発明の第16の態様によるミラーデバイスは、前記第1乃至第15のいずれかの態様において、前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部は、前記ミラーの前記基部側を支持するものである。

【0043】この第16の態様によれば、支持部がミラーの基部側を支持するので、構造が簡単となる。また、前記第1乃至第15の態様では、支持部がミラーの基部と反対側を支持してもよい。この場合、支持部はミラーを吊り状態に支持することになる。

【0044】本発明の第17の態様によるミラーデバイスは、前記第1乃至第16のいずれかの態様において、前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部は、前記ミラーの側から前記基部を見た平面図で当該支持機構の少なくとも大部分が前記ミラーに隠れる位置に、配置されたものである。

【0045】この第17の態様によれば、平面図で支持機構の大部分がミラーに隠れる位置に配置されているので、支持機構及びミラーが占める基体上の面積を低減することができる。また、当該ミラーの小型化を図ることができる。特に、後述する第20の態様のように2次元及び支持機構からなる素子を複数個1次元又は2次元に配列する場合には、それらの素子の集積度を高めることができる。ここで、当該ミラーデバイスをより小型化することができる。

【0046】本発明の第18の態様によるミラーデバイスは、前記第1乃至第17のいずれかの態様において、Nを3以上の整数として、前記1つ以上の支持部の数がNであり、当該N個の支持部は、前記ミラーの中心を中心とする所定半径の円上において360°/Nの角度をなす前記ミラーのN個の箇所の付近をそれぞれ支持するものである。

【0047】この第18の態様のように支持部の数を3以上としてそれらによるミラーの支持箇所を設定すると、ミラーをより安定して任意の方向に傾動可能に支持することができる。好ましい。

【0048】本発明の第19の態様によるミラーデバイスは、前記第1乃至第17のいずれかの態様において、前記1つ以上の支持部の数が1又は2であり、当該1個又は2個の支持部の前記ね部の端部及びね部によって、前記ミラーが任意の方向に傾動可能であるものである。

【0049】この第19の態様によれば、支持部の数が少ないので、構造がより簡単となる。

ね部のうちの、少なくとも1つのね部は、前記同士が機械的に接続されて、互いに対向し、前記少なくとも1つのね部は、当該ね部に前記駆動信号に応じた静電力を作用させるための電極部をそれぞれ有し、前記少なくとも1つのね部は、前記ね部の一方のね部の前記電極部と前記ね部のうちの一方のね部の前記電極部とが、前記ね部の前記電極部との間に、前記駆動信号に応じた静電力が作用するものである。

【0058】この第23の態様によれば、ミラーを駆動する駆動力として、ね部はね部に作用する静電力を用いることができる。

【0059】本発明の第24の態様によるミラーデバイスは、前記第1乃至第23のいずれかの態様において、前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部において、前記1つ以上のね部又は前記駆動信号のね部のうちの、少なくとも1つのね部は、前記同士が機械的に接続されて、互いに対向し、前記少なくとも1つのね部は、当該ね部に前記駆動信号に応じた静電力を作用させるための電極部をそれぞれ有し、前記少なくとも1つのね部は、前記ね部の前記電極部との間に、前記駆動信号に応じた静電力が作用するものである。

【0060】この第24の態様によれば、ね部はね部に作用する静電力を用いることができ、しかも、ね部を介在させることにより、対向する一方のね部はね部にそれぞれ作用する静電力を高めることができる。

【0061】本発明の第25の態様によるミラーデバイスは、前記第1乃至第24のいずれかの態様において、前記ミラー及び前記支持機構を1個の素子として当該素子を複数個有し、当該素子が1次元又は2次元に配列されたものである。

【0062】この第25の態様によれば、複数の光信号又は光ビームをそれぞれ送立して所定の方向に所望の量だけ偏向させることができる。

【0063】本発明の第26の態様による光スイッチは、1つ以上の入力部から出力された光を複数の光出力部のいずれかに入射させる光スイッチにおいて、前記第1乃至第25のいずれかの態様によるミラーデバイスを含む、前記1つ以上の入力部から出力された光を、前記ミラーデバイスの前記ミラーで反射された後に、前記駆動信号の出力部のいずれかに入射するものである。

【0064】この第26の態様によれば、前記第1乃至第25のいずれかの態様によるミラーデバイスが用いられているので、入力光路と同数のミラーで多くの出力光

路に切り換えることができ、例えば、1000個のミラーで1000個の入力光路を1000個の出力光路に切

換えられることができる。したがって、前記第21の態様によれば、ミラーの数が少なくてすむため、前述した従来のMEMS技術を利用した機械式光スイッチに比べて、小型化及び高速度性が大幅に向上する。勿論、ミラーを利用して光路を切り換えるので、電子式光スイッチに比べて、挿入損失やクロストークなどの光学特性に優れている。

【0065】本発明の第27の態様による薄層弾性構造体は、1層以上の薄層で構成された複数の板ばね部を有し、前記複数の板ばねが全体として1つの弾性体をなすように機械的に接続された薄層弾性構造体であって、前記前記複数の板ばね部のうちの少なくとも1つの板ばね部は、当り部を持つ一端部は、基体から立ち上がる立ち上がり部を持っており、介して前記基体に機械的に接続され、前記複数の板ばね部のうちの少なくとも1つの板ばね部は、当り部を持つ一端部から立ち上がる立ち上がり部を持っており、介して、他の少なくとも1つの板ばね部の一端部に機械的に接続され、前記複数の板ばね部のうちの少なくとも1つの板ばね部が前記基体と反対側に反り、前記複数の板ばね部のうちの少なくとも1つの板ばね部が前記基体側に反ったものである。

【0066】本発明の第28の態様による薄膜弾性構造物は、前記第27の態様において、前記複数の板はね部が全体としてなす形状が、全体を同じ方向から見た側面視であるいは各部分ごとに適宜の所定方向から見た側面視で、「く」の字状、「く」の字状の連続形状又はジグザグ状であるものである。

【0067】本発明の第29の態様による薄層弾性構造体は、前記第27又は第28の態様において、前記基板は、前記基板が全体としてなす形状が、前記基板の面の法の方向から見た平面視で任意形状となる螺旋状であるものである。

【0068】前記第27乃至第29の態様による薄膜状導電性構造体は、前述した本発明によるミララーデバイスに好適に用いることができる。もともと、前記第27乃至第29の態様による薄膜状導電性構造体の用途はこれに限定されるものではなく、他の種々のMEMSにおいて用いることができる。

【0069】本発明の第3の態様による製造方法は、前記第2乃至第29のいずれかの態様による薄板導電性材料を製造する製造方法であって、基体上に形成された導電性層上に、前記製造の仮はね部のうちの少なくとも1つの仮はね部となるべき1層以上の薄層を形成する工程と、当該薄層の周囲の導電性層を除去した際に当該薄層が反る条件で、当該薄層を形成する工程と、前記導電性層を除去する工程とを備えたものである。

【0070】この第30の虚様によれば、反った板ばね部を容易に作製することができ、ひいては前記第27乃至

至第29の態様による薄膜弾性構造体を容易に製造することができ。

【0071】  
【発明の実施の形態】以下、本発明による薄肉弾性構造体及びその製造方法並びにこれを用いたミラーデバイス及び光スイッチについて、図面を参照して説明する。

【0072】【第1の実施の形態】  
【0073】図1は、本発明の第1の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子を模式的に示す概略平面図で

ある。図 1 において、本架破線（隠れ線）となるべき線も実線で示している。この点は、後述する各平面図についても同様である。図 2 は、図 1 中の O-A 線に沿った断面図である。図 3 は、図 1 中の O-D 線に沿った断面図である。図面には示していないが、図 1 中の O-B 線に沿った断面図及び図 1 中の O-C 線に沿った断面図は、図 2 と同様となる。なお、以下の説明において、上下は、図 2 に従うものとする。

【0074】本実施の形態によるミラーデハイスは、基体としてのSi基板やガラス基板等の基板1（その面は図2中の紙面）であり、ミラー2と、ミラー2とミラー2を基板1に対して基板1から浮いた状態かつ任意方向に傾動可能に弾性支持する支持機構とを備え、供給される駆動信号に応じて方向及び傾き量でミラー2が基板1に対して傾くように構成されている。なお、本実施の形態でも、基板1は電気的絶縁性を有するものとする。

【0075】本実施の形態では、ミラー2は、1層のA1層で円板状に構成され、その平板状の円板部2aの全周に渡って立ち下がり部2bが形成されている。図1に示すように、立ち下がり部2bは、立ち下がり部2bの中心を示している。この立ち下がり部2bによって円板部2aの東向きが補強されるので、円板部2aの平坦性を確保しつつ、円板部2aの厚みを薄くして軽量化を図ることができます。立ち下がり部2bに代えて立ち上がり部を形成しても同様である。必ずしも、本発明では、立ち下がり部2bや立ち上がり部を必要とし、形成される、立ち下がり部2bの材料もA1層に限らず、2層以上の膜で構成してもよい。さらに、ミラー2の形状は円形に限定されるのではなく、例えば、矩形としてもよい。

【0076】本実施の形態では、ミラー2は、ミラー2-1を駆動させるための駆動力として静電力を加える可動側の共通電圧を兼用している。もともと、例えば、ミラー2を上側の建線膜（S1N膜等）と上側のA1膜とで構成したような場合には、その下面に3つの電圧を、互いに独立して、後述する基板1上の電圧4a、4b、4cとそれぞれ対向するように形成してもよい。

【0077】本実施の形態では、前記支持機構は、それぞれが基板1とミラー2との間を機械的に接続する3つ

の支持部3A、3B、3Cで構成されている。これらの支持部3A～3Cは同じ構造を有しているので、ここでは、支持部3Aについてのみ説明する。

【0078】支持部3Aは、1つの板ばね部5を有している。板ばね部5は、下面のS1N溝6と上面のA1溝7とで形成された2側の溝部で構成されている。板ばね部5は材料や価数はこれに限定されるものではなく、層状により、基板1の面の法線方向から見た平面視で直線状に構成されている。また、板ばね部5は、図2に示すように、少なくとも1つの基端部が供給されていない状態において、上方（基板1と反対側）に反っている。なお、図2及び図3は、駆動信号が供給されていない状態を示している。板ばね部5は必ずしも上方に反る必要はないが、本実施の形態のように板ばね部5が上方に反っていると、ミラー2の高さを稼ぐことができる、好ましい。

【0079】図1及び図2に示すように、板ばね50の一端部は、基板1上に形成されたA1膜から立ち上がるターニング8（図1では図形省略）を介して基板1に接続される立ち上がり部9を介して、基板1に一体的に接続されている。本実施の形態では、部9は、板ばね50を構成するS1N膜6及びA1膜7がそのまゝ延びることによって構成されている。A1膜7は、電極として兼用されたミララーを配線パターン8に電気的に接続する配線としても兼用され、部9においてS1N膜6に形成された開口を介して配線パターン8に電気的に接続されている。なお、本実施の形態では、各支持部3A～3Cの配線パターン8は電気的に共通に接続されている。

【0080】また、図1及び図2に示すように、板ばね部5の他端部は、当該他端部から立ち上がる立ち上がり部10を介して、ミラー2の下側（基板1側）に機械的に接続されている。本実施形態では、板ばね部10は、ミラー2を構成するA1層がそのままだ延びることにより構成されている。したがって、電極を兼用することにより構成されている。A1層7→ミラー2は、接続部10→板ばね部5のA1層7→接続部9のA1層7の経路で、反平行ターン8に電気的に接続されている。なお、接続部10をミラー2とは別の材料で構成してもよいことは、言うまでもない。

【0081】以上の説明からわかるように、本実施の形態では、ミラー2は、各支持部3A～3Cの板ばね5を介してのみ、基板1に対して支持されている。また、各支持部3A～3Cは、ミラー2の下側(基板1側)を支持している。支持部3A～3Cの各々は、薄板弾性構造体を構成している。

【0082】本実施の形態では、図1に示すように、支持部3A～3Cの全てが、ミラー2の隅から基板1を見ただ平面視でミラー2に隠れる位置に配置されている。また、支持部3A～3Cは、それらの各板はね部5が、平

面視でミラー2の半径方向に延びるように配置されている。また、3つの支持部3A~3Cの各接線部10は、ミラー2の中心Oを中心とする所定半径の円上に置いて

120° (=360°/3)の角度をなす3つの位置にそれぞれ配置されている。すなわち、3つの支持部3A～3Cは、ミラー2の中心を中心とする所定半径の円周上において120° (=360°/3)の角度をなすミラー2の3箇所をそれぞれ支持している。したがって、ミラー2は、安定して、任意の方向に移動可能に弾性支持される。支持部3A～3Cは、本実施の形態では、円周角となるミラー2の中心O側で半径10gのミラー2の外側とミラー2の中心O側で半径10gのミラー2の内側とが逆になるように配置してもよい。図9の位置と図10の位置とが逆になるように配置してもよい。

【0083】基板1上には、ミラー2の下方向において、中心Oを通る基板1の面の法線Lの回りには、A1線からなる3つの電位レベル4a、4b、4cが互いに電気的に絶縁される状態で形成されている。これらの電極4a~4cにそれぞれ図示されていない各配線パターン8を介して、それぞれ互いに独立して、配線パターン8（すなわち、電極層）を加えて、ミラー2との間に、任意の形状の電圧を印加することができるようにして、配線パターン8を用いて、ミラー2が接地状態、各電極4a~4cにそれぞれ独立して、ミラー2を基準とした任意の電位を印加できるようにして、各電極4a~4cにそれぞれ独立して、ミラー2を基準とした任意の電位を印加できるようにして、各電極4a~4cにそれぞれ独立して、ミラー2の傾きの方向に応じて、各電極4a~4cとミラー2の電極対向部分との間に作用する電圧を加えて、各電極4a~4cに印加される電圧4a~4cと、ミラー2の傾きの方向に応じて、各電極4a~4cに印加される電圧4a~4cとを決定する前駆駆動信号となっており、基板1及び傾き量を決定する前駆駆動回路において、各電極4a~4cは、外部からの制御信号に応じてこの駆動信号を生じ出す駆動回路を、搭載しておいてもよい。

[0084] このように、本実施の形態では、ミラー2は、駆動部によって生ずる静電力によって駆動される。もともと、本発明では、ミラーが磁気力やローレンツ力により駆動するように構成することもできる。また、本実施の形態では、仮に図5のような膨張係数を有する異なる物質の互いに重なった少なくとも2つの層（具体的には、Si膜6及びAl膜7）を有しており、Si膜6は可視光線を吸収して熱を生じ、そのため、赤外光や可視光を仮に吸収部に照射すれば、

ば、その照射量に応じて、基板1を介して(例えば、基板1がS i基板であれば赤外光は基板1を透過し、基板1がGaAs基板であれば赤外光は基板1を透過する。)、その照射量に応じて板ばね5を歪曲させることになる。したがって、この赤外光や可視光を歪曲板として用い、各板ばね5を、ミラー2を傾動させるためのアクチュエータとして用いることも可能である。これらの点は、後述する各実施の形態やその変形例についても同様である。

【0085】図面には示していないが、本実施の形態に















【0206】本実施の形態によるミラーデバイスの前記第7実施の形態におけるミラーデバイスの製造方法に準じた方法により製造することができることは、言うまでもない。

【0210】本実施の形態によっても、前記第111の態様と同様の利点が得られる。また、本実施の形態では、前述した第1乃至第4の静電力が作用するので、基板1上の電極4a~4cとミラー2との間で静電力が作用する前記第111の実施の形態に比べて、電極間距離を狭くすることができる。したがって、本実施の形態では、低電力でミラー2を駆動する（すなわち、傾ける）ことができる。さらに、本実施の形態によれば、前記第1乃至第4の静電力の大きさはほぼ同じであるので、間隔の狭い部分から傾斜を引き寄せられていく様子も4ヶ所ほぼ同様になることから、接続部10a、10b、10cに對する負担がほとんどなくなる。

【0211】なお、本実施の形態のような支持部の構造を採用する場合、図8に示す第5の実施の形態のようにミラー2を1つの支持部で支持すると、駆動信号を供給しても、ミラー2が上下動するのみで、傾かない。このため、ミラー2を傾かせる場合、ミラー2を1次的に傾かせるときには支持部を2つ以上、ミラー2を2次的に傾かせるときには支持部を3つ以上、設けることが好ましい。

【0212】【第15の実施の形態】

【0213】図27は、本発明の第15の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子の、下側（基板1側）の部分を模式的に示す縦断面図であり、図29乃至図31中のM-N矢視図に相当している。図面表記の便宜上、図27において、一部の要素については想像線で示している。図28は、本発明の第15の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子の、上側（基板1と反対側）の部分（ミラー2を除く）を模式的に示す縦断面図であり、図29乃至図31中のP-Q矢視図に相当している。図29は、図27及び図28中のX5-X6線に沿った縦断面図である。図30は、図27及び図28中のO-A線（図20中のO-A線に对应）に沿った縦断面図である。図31は、図27及び図28中のX7-X8線に沿った縦断面図である。

【0214】図27乃至図31において、図20及び図21中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付し、その重複する説明は省略する。

【0215】本実施の形態が、前記第13の実施の形態と異なる所は、図20中の支持部3Aが図27乃至図31に示す支持部413Aで置き換えられ、図20中の支持部3B、3Cが図27乃至図31に示す支持部413Aと同一構造を持つ支持部（図示せず）でそれぞれ置き換えられている点と、基板1上の全面に渡りミラー等の絶縁膜411が形成され、絶縁膜411上に互いに電気的に絶縁された配線パターン412a、412b及び基

板1側の電極としてのA1膜420などが形成されている点のみである。支持部413Aは薄膜弾性構造体を構成している。

【0216】本実施の形態も前記第14の実施の形態も、ミラー2を傾動させるための駆動力としての静電力を板ねね部405に共通する点で共通するが、前記第14の実施の形態では中間板310を用いているのに対し、本実施の形態は中間板310を用いないものである。

【0217】支持部413Aは、図17に示す前記第11の実施の形態によるミラーデバイスの支持部93Aと同様の構造を基本構造とし、これに板ねね部の並列的な機械的接続構造も取り入れ、この構造を、ミラー2を傾動させるための駆動力としての静電力を各板ねね部401~408のうちの所定のものに作用させるように、構成したものである。

【0218】2つの板ねね部401、402と2つの板ねね部403、404とは機械的に並列的に接続され、2つの板ねね部405、406と2つの板ねね部407、408とは機械的に並列的に接続されているが、2つの板ねね部401、402及び2つの板ねね部403、404は図17中の板ねね部184、185にそれぞれ対応し、2つの板ねね部405、406及び2つの板ねね部407、408は図17中の板ねね部194、195にそれぞれ対応し、並列的な機械的接続関係を除くその他の機械的な接続関係、A1膜とSiN膜との上下面積、反り具合、長さの指定などは同様である。脚部431、432はそれぞれ図17中の脚部9に对应し、脚部433、435はそれぞれ図17中の脚部18に对应し、接続部437、439はそれぞれ図17中の接続部196に对应し、接続部10d、10eはそれぞれ図17中の接続部10に对应している。

【0219】板ねね部401は、下側のSiN膜451と上側のA1膜452とが積層された2層の薄膜で構成されている。A1膜452は、これを有する板ねね部401に静電力を作用させるための電極となっている。脚部431は、板ねね部401を構成するSiN膜451及びA1膜452がそのままだま延びることによって構成されている。A1膜452は、脚部431においてSiN膜451に形成された開口を介して配線パターン412aに電気的に接続されている。

【0220】なお、板ねね部401のSiN膜451と、後述する板ねね部402、403、404のSiN膜454、455、458と、後述する接続部441を構成するSiN膜は、連続した1つのSiN膜となっているので、図27ではその連続した1つのSiN膜を符号498で示している。

【0221】板ねね部402は、下側のA1膜453と上側のSiN膜454とが積層された2層の薄膜で構成されている。A1膜453は、これを有する板ねね部402に静電力を作用させるための電極となっている。接

接続部433はA1膜452、453が重なり合った部分となっており、接続部433においてSiN膜498に形成された開口434を介して、A1膜452、453間が電気的に接続されている。

【0222】板ねね部403は、下側のSiN膜455と上側のA1膜456とが積層された2層の薄膜で構成されている。脚部432は、板ねね部403を構成するSiN膜455及びA1膜456がそのままだま延びることによって構成されている。A1膜456は、脚部432においてSiN膜455に形成された開口を介して配線パターン412bに電気的に接続されている。

【0223】板ねね部404は、下側のA1膜457と上側のSiN膜458とが積層された2層の薄膜で構成されている。A1膜457は、これを有する板ねね部404に静電力を作用させるための電極となっている。接続部435は、A1膜456、457が重なり合った部分となっており、接続部435においてSiN膜498に形成された開口436を介して、A1膜456、457間が電気的に接続されている。

【0224】板ねね部402における接続部433と反対側の端部と、板ねね部404における接続部435と反対側の端部とは、接続部441により機械的に接続されている。接続部441は、板ねね部402を構成するSiN膜454及び板ねね部404を構成するSiN膜458がそのままだま延びることによって、平板状に構成されている。接続部441の全面に渡って立ち下り部441aが形成され、これにより接続部441の剛性が高められている。

【0225】板ねね部405は、下側のSiN膜461と上側のA1膜462とが積層された2層の薄膜で構成されている。A1膜462は、これを有する板ねね部405に静電力を作用させるための電極となっている。

【0226】なお、板ねね部405のSiN膜461と、後述する板ねね部406、407、408のSiN膜464、465、468と、接続部442を構成するSiN膜は、連続した1つのSiN膜となっているので、図28ではその連続した1つのSiN膜を符号499で示している。

【0227】板ねね部406は、下側のA1膜463と上側のSiN膜464とが積層された2層の薄膜で構成されている。接続部437は、A1膜462、463が重なり合った部分となっており、接続部437においてSiN膜499に形成された開口438を介して、A1膜462、463間が電気的に接続されている。

【0228】接続部40dは、SiN膜464に形成した開口を介して、板ねね部406のA1膜463上に固定され、ミラー2は、A1膜463に電気的に接続されている。これにより、ミラー2は、後述する板ねね部408が有する電極としてのA1膜467との間に静電力を生じさせる電極として、兼用されている。

【0229】板ねね部407は、下側のSiN膜465と上側のA1膜466とが積層された2層の薄膜で構成されている。A1膜466は、これを有する板ねね部407に静電力を作用させるための電極となっている。

【0230】板ねね部408は、下側のA1膜467と上側のSiN膜468とが積層された2層の薄膜で構成されている。A1膜467は、これを有する板ねね部408に静電力を作用させるための電極となっている。接続部439は、A1膜466、467が重なり合った部分となっており、接続部439においてSiN膜499に形成された開口440を介して、A1膜466、467間が電気的に接続されている。

【0231】接続部10eは、板ねね部408のSiN膜468上に固定されており、ミラー2は、SiN膜468によって、板ねね部408のA1膜467に対して電気的に絶縁されている。

【0232】板ねね部405における接続部437と反対側の端部と、板ねね部407における接続部439と反対側の端部とは、接続部442により機械的に接続されている。接続部442は、板ねね部405を構成するSiN膜461及び板ねね部407を構成するSiN膜465がそのままだま延びることによって、平板状に構成されている。接続部442の全面に渡って立ち下り部442aが形成され、これにより接続部442の剛性が高められている。

【0233】接続部441と接続部442とが間隔をあけて対向するように、接続部441と接続部442との間には、接続部443、444により機械的に接続されている。接続部443は、接続部442を構成するSiN膜461及び板ねね部407を構成するA1膜466がそのままだま延びることによって、構成されている。接続部441における接続部443の箇所には、板ねね部402を構成するA1膜453が延在している。接続部443においてSiN膜に形成された開口を介して、A1膜466、453間が電気的に接続されている。接続部444は、接続部442を構成するSiN膜461及び板ねね部406を構成するA1膜462がそのままだま延びることによって、構成されている。接続部441における接続部444の箇所には、板ねね部404を構成するA1膜457が延在している。接続部444においてSiN膜に形成された開口を介して、A1膜462、457間が電気的に接続されている。

【0234】また、板ねね部401の電極としてのA1膜452の下側における対向箇所には、基板1上の絶縁膜411上に、A1膜452との間にそれぞれ静電力を生じさせる電極としての、A1膜420が形成されている。A1膜420は、図示しない配線パターンを介して、配線パターン412bに對して電気的に接続されている。

【0235】以上の説明からわかるように、配線パター

ン412に対して、A1段452、453、466、467が電気的に接続されており、これらが同電位となる。これとは電気的に独立して、配線パターン412bに対して、A1段456、457、462、463、ミラー2及びA1段420が電気的に接続されており、これらが同電位となる。

[0236] 各支持部413A～413Cの配線パターン412aと配線パターン412bとの間には、それぞれ互いに独立して、任意のレベルの電圧（すなわち、駆動信号）を印加できるようにしている。

[0237] 本実施の形態では、例えば、各支持部413A～413Cの配線パターン412bが接地され、各支持部413A～413C毎に独立して、配線パターン412aに任意のレベルの電位を印加できるようにしている。

[0238] 今、支持部413Aにおいて、配線パターン412bの電位を0V、配線パターン412aの電位を+V2にしたとすると、前述した電気的な接続関係が構築されていることから、板ばね部401の電極としてのA1段452（+V2）と基板1上の電極としてのA1段453（+V2）と板ばね部405の電極としてのA1段462（0V）との間、板ばね部404の電極としてのA1段457（0V）と板ばね部407の電極としてのA1段466（+V2）との間、及び、板ばね部408の電極としてのA1段467（+V2）とミラー（0V）との間には、それぞれ電位差（電圧）+V2が印加される。

[0239] したがって、板ばね部401と基板1との間に第1の静電電力が作用し、板ばね部402と板ばね部405との間に第2の静電電力が作用し、板ばね部404と板ばね部407との間に第3の静電電力が作用し、板ばね部408とミラー2との間に第4の静電電力が作用する。なお、図29及び図30において、静電電力が作用する箇所を示す黒い矢印を付している。

[0240] これらの静電電力により、前記第13の実施の形態の場合と同様に各板ばね部401、402、404、405、407、408が間隔の狭い部分から順次引き寄せられていき、支持部413Aが変形していき、静電電力と板ばね部401～408のバネ力（復元力）が均衡すると、支持部413Aの変形が停止する。このとき、前述した機械的な接続関係から、同じ階層において互いに並列な関係にある一対の板ばね部（例えば、板ばね部401と板ばね部403、板ばね部405と板ばね部407など）は、同じように変形するので、支持部413Aが大きく傾いたり歪んだりするようなことはない。

[0241] 本実施の形態では、前述した各対向電極となる部分間の位置関係が必ずしも同一ではない（例えば、電極部453と電極部462の位置関係と電極部4

52と基板1上の電極420との位置関係は異なる）が、各板ばね部の幅を調整して対向電極となる部分の面積を適宜調整すれば、前記第14の実施の形態の場合と同様に、静電電力による接続部付近での板ばね部の変形の状態をほぼ同じにすることは可能である。

[0242] 本実施の形態によるミラーデバイスが、前記第7の実施の形態によるミラーデバイスの製造方法に準じた方法により製造することができることは、言うまでもない。

[0243] 本実施の形態によっても、前記第11の態様と同様の利点を得られる。また、本実施の形態では、前述した第1乃至第4の静電電力が作用するので、基板1上の電極4a～4cとミラー2との間で静電電力が作用する前記第11の実施の形態に比べて、電極間距離を狭くすることができる。したがって、本実施の形態では、低電力でミラー2を駆動する（すなわち、傾ける）ことができる。

[0244] さらに、本実施の形態によれば、静電電力による接続部付近での板ばね部の変形の状態をほぼ同じにすることも可能である。すなわち、接続部10d、10eに対する負荷をほとんどなくすることも可能である。

[0245] [第16の実施の形態]

[0246] 図32は、本発明の第16の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子の、下側（基板1側）の部分の模式的に示す縦断面図であり、図27に対応している。図33は、本発明の第16の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子の、上側（基板1と反対側の部分（ミラー2を除く）を模式的に示す縦断面図であり、図28に対応している。図32及び図33中のX9-X10に沿った縦断面図及び図32及び図33中のX15-X16に沿った縦断面図は、図29と同一となる。図32及び図33中のX11-X12に沿った縦断面図及び図32及び図33中のX13-X14に沿った縦断面図は、図30と同一となる。図32及び図33中のO-A線（図20中のO-A線に対応）に沿った縦断面図は、図31と同一となる。

[0247] 図32及び図33において、図27乃至図31中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付し、その重複する説明は省略する。

[0248] 本実施の形態が、前記第13の実施の形態と異なる所は、図20中の支持部3Aが図32及び図33に示す支持部513Aで置き換えられ、図20中の支持部3B、3Cが図32及び図33に示す支持部513Aと同じ構造を持つ支持部（図示せず）でそれぞれ置き換えられている点と、前記第15の実施の形態と同様に、基板1上の全面に渡りSIN等の絶縁膜411が形成され、絶縁膜411上に互いに電気的に接続された配線パターン412a、412b及び基板1側の電極としてのA1段420などが形成されている点のみである。

支持部513Aは薄膜弾性構造体を構成している。

[0249] 本実施の形態では、支持部513Aは、図32及び図33中のO-A線に沿って切断したときその一方側部分が、図27乃至図31に示す支持部413Aと実質的に同一の構造を持ち、他方側部分が、図27乃至図31に示す支持部413Aの縦断線と実質的に同一の構造を持っている。

[0250] 本実施の形態によっても、前記第15の実施の形態と同様の利点を得ることができる。また、前記第15の実施の形態では、変形時に板ばね部401～408にばね力等が生ずる可能性を否めないが、本実施の形態では、対称性を持つので、そのばね力等が生ずる可能性を払拭することができる。さらに、本実施の形態では、真ん中の板ばね部403、404、408、407の幅を、両側の板ばね部401、402、405、406の幅に対して相対的に適宜調整することによって、静電電力による接続部付近での板ばね部の変形の状態をほぼ同じにすることができ、接続部10d、10eに対する負荷をほとんどなくすることができる。

[0251] [第17の実施の形態]

[0252] 図34は、本発明の第17の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子の、下側（基板1側）の部分の模式的に示す縦断面図であり、図36乃至図39中のR-S矢視図に相当している。図面表記の便宜上、図34において、一部の要素については想像線で示している。図35は、本発明の第17の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子の、下側（基板1と反対側の部分（ミラーを除く）を模式的に示す縦断面図であり、図36乃至図39中のT-U矢視図に相当している。図36は、図34及び図35中のX21-X22に沿った縦断面図であり、図37は、図34及び図35中のX23-X24に沿った縦断面図である。図38は、図34及び図35中のX25-X26に沿った縦断面図であり、図39は、図34及び図35中のX27-X28に沿った縦断面図である。図40は、図34及び図35中のY1-Y2線に沿った縦断面図である。

[0253] 図34乃至図40において、図20及び図21中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付し、その重複する説明は省略する。

[0254] 本実施の形態が、前記第13の実施の形態と異なる所は、図20中の支持部3Aが図34乃至図40に示す支持部613Aで置き換えられ、図20中の支持部3B、3Cが図34乃至図40に示す支持部613Aと同じ構造を持つ支持部（図示せず）でそれぞれ置き換えられている点と、基板1上の全面に渡りSIN等の絶縁膜611が形成され、絶縁膜611上に互いに電気的に接続された配線パターン612a～612d及び基板1側の電極としてのA1段620a、620b、620cなどが形成されている点のみである。支持部613Aは薄膜弾性構造体を構成している。

[0255] 支持部613Aは、基本的に図17に示す前記第11の実施の形態によるミラーデバイスの支持部93Aと同様の構造を持ち、この構造を、ミラー2を傾動させるための駆動力としての静電電力を各板ばね部614、615、624、625に作用させるように、変形したものである。

[0256] 板ばね部614、615、624、625は、図17中の板ばね部184、185、194、195にそれぞれ対応しており、機械的な接続関係、A1段とSIN膜との上下関係、反り具合、長さの設定などは同様である。A1段は導電性薄膜である。両者が主として真なる所は、各板ばね部614、615、624、625の各一部を構成する各A1段が幅方向に4分割されている点と、これに伴い、図17中の図99に示す4つの支持部9a～9d、図17中の図186に示す4つの接続部64a～64d、図17中の図196に示す4つの接続部65a～65d、及び、図17中の接続部10に示す4つの接続部10a～10dが設けられている点と、板ばね部615、624の端部同士の接続の点である。

[0257] 板ばね部614は、下側のSIN膜661と上側の4分割されたA1段662a～662dとが形成された2層（ただし、A1段662a～662dが形成されていない箇所は1層）の薄膜で構成されている。[0258] 脚部9aは、板ばね部614を構成するSIN膜661及びA1段662aがそのままだ延びることによって構成されている。A1段662aは、脚部9aにおいてSIN膜661に形成された開口を介して配線パターン612aに電気的に接続されている。脚部9bは、板ばね部614を構成するSIN膜661及びA1段662bがそのままだ延びることによって構成されている。A1段662bは、脚部9bにおいてSIN膜661に形成された開口を介して配線パターン612bに電気的に接続されている。脚部9cは、板ばね部614を構成するSIN膜661及びA1段662cがそのままだ延びることによって構成されている。A1段662cは、脚部9cにおいてSIN膜661に形成された開口を介して配線パターン612cに電気的に接続されている。脚部9dは、板ばね部614を構成するSIN膜661及びA1段662dがそのままだ延びることによって構成されている。A1段662dは、脚部9dにおいてSIN膜661に形成された開口を介して配線パターン612dに電気的に接続されている。

[0259] A1段662a、662b、662dは、これらを持つ板ばね部614に静電電力を作用させるための電極となっている。A1段662cは、ミラー2の電位を所定電位にするための単なる配線パターンとなっている。

[0260] なお、板ばね部614のSIN膜661と、後述する板ばね部615のSIN膜661と、後述



力用光ファイバ201からある素子のミラー2へ入射される入力光、P2は当該ミラー2で反射されてある光出力用光ファイバ202へ入射される出力光を示す。  
 【0284】本実施の形態によれば、前述した第1乃至第12の実施の形態のいずれかであるミラーデバイス200が用いられている、入力光路と同様のミラー2で多くの出力光路に切り換えることができ、例えば、1000個のミラー2で1000個の入力光路を1000個の出力光路に切り換えることができる。したがって、本実施の形態によれば、ミラー2の数が少なくて済むため、前述した従来のMEMS技術を利用した機械式光スイッチに比べて、小型化及び量産性が大幅に向上する。勿論、ミラー2を利用して光路を切り換えるので、電気式光スイッチに比べて、挿入損失やクロストークなどの光学特性に優れている。

【0285】以上、本発明の各実施の形態について説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されるものではない。

【0286】例えば、前述した各実施の形態では、支持機構が複数の支持部を有する場合、これらの支持部が全て同じ構造を有していたが、各支持部は必ずしも同じ構造を有している必要はない。

【0287】また、本発明による薄膜弾性構造体の用途は、ミラーデバイスに限定されるものではない。さらに、本発明によるミラーデバイスの用途は、光スイッチに限定されるものではない。

【0288】  
 【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、ミラーを利用して光路を切り換えることにより優れた光学特性を有しながら、小型化及び量産性をより一層向上させることができる光スイッチを提供することができ

る。  
 【0289】また、本発明は、このような光スイッチなどに適したミラーデバイス並びに薄膜弾性構造体及びその製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子を模式的に示す概略平面図である。

【図2】図1中のO-A線に沿った概略断面図である。

【図3】図1中のO-D線に沿った概略断面図である。

【図4】図4は、本発明の第1の実施の形態によるミラーデバイスの製造方法の各工程をそれぞれ模式的に示す概略断面図である。

【図5】本発明の第2の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子を模式的に示す概略平面図である。

【図6】本発明の第3の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子を模式的に示す概略平面図である。

【図7】本発明の第4の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子を模式的に示す概略平面図である。

【図8】本発明の第5の実施の形態によるミラーデバイ

スの単位素子を模式的に示す概略平面図である。

【図9】本発明の第6の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子を模式的に示す概略断面図である。

【図10】本発明の第6の実施の形態によるミラーデバイスの製造方法の各工程をそれぞれ模式的に示す概略断面図である。

【図11】本発明の第7の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子を模式的に示す概略断面図である。

【図12】図11中のE-F矢視図である。

【図13】本発明の第7の実施の形態によるミラーデバイスの製造方法の各工程をそれぞれ模式的に示す概略断面図である。

【図14】本発明の第8の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子を模式的に示す概略平面図である。

【図15】本発明の第9の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子を模式的に示す概略平面図である。  
 【図16】図16は、本発明の第10の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子の支持部を模式的に示す概略平面図である。

【図17】本発明の第11の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子の支持部を模式的に示す概略断面図である。

【図18】本発明の第12の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子の支持部を模式的に示す概略平面図である。

【図19】本発明の第13の実施の形態による光スイッチを示す概略構成図である。

【図20】本発明の第13の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子を模式的に示す概略平面図である。

【図21】図20中のO-A線に沿った概略断面図である。

【図22】本発明の第14の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子の、中間板及びそれより下側の部分を模式的に示す概略平面図である。

【図23】本発明の第14の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子の、中間板より上側の部分を模式的に示す概略平面図である。

【図24】図22及び図23中のX1-X2線に沿った概略断面図である。

【図25】図22及び図23中のO-A線に沿った概略断面図である。

【図26】図22及び図23中のX3-X4線に沿った概略断面図である。

【図27】本発明の第15の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子の、下側の部分を模式的に示す概略平面図である。

【図28】本発明の第15の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子の、上側の部分を模式的に示す概略平面図である。

面図である。

【図29】図27及び図28中のX5-X6線に沿った概略断面図である。

【図30】図27及び図28中のO-A線（図20中のO-A線に対応）に沿った概略断面図である。

【図31】図27及び図28中のX7-X8線に沿った概略断面図である。

【図32】本発明の第16の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子の、下側（基板1側）の部分を模式的に示す概略平面図である。

【図33】本発明の第16の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子の、上側の部分を模式的に示す概略平面図である。

【図34】本発明の第17の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子の、下側の部分を模式的に示す概略平面図である。

【図35】本発明の第17の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子の、上側の部分を模式的に示す概略平面図である。

【図36】図34及び図35中のX21-X22線に沿

った概略断面図である。

【図37】図34及び図35中のX23-X24線に沿った概略断面図である。

【図38】図34及び図35中のX25-X26線に沿った概略断面図である。

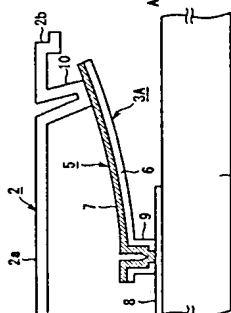
【図39】図34及び図35中のX27-X28線に沿った概略断面図である。

【図40】図34及び図35中のY1-Y2線に沿った概略断面図である。

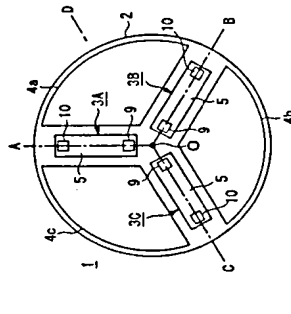
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 ミラー
- 3A, 3B, 3C 支持部
- 4A, 4B, 4C 電極
- 5 板ばね部
- 9 脚部
- 10 接続部
- 200 ミラーデバイス
- 201 入力用光ファイバ

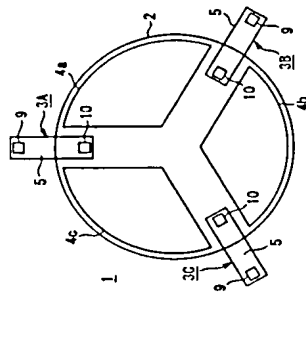
【図2】



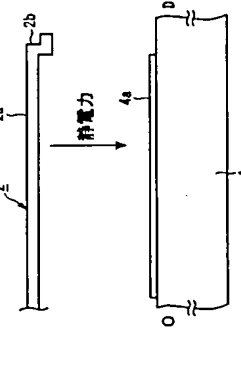
【図1】



【図5】

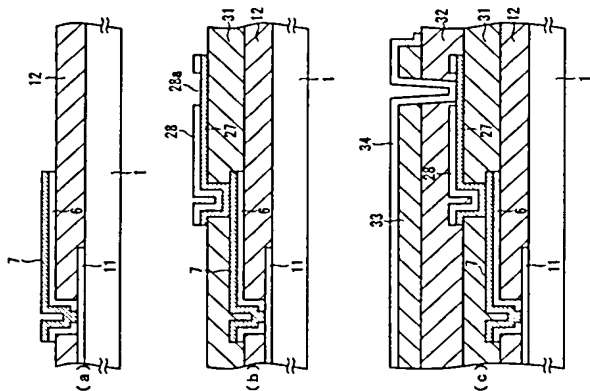


【図3】

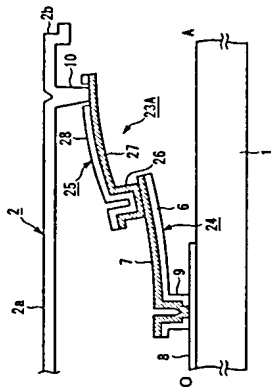




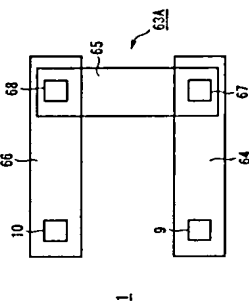
【図10】



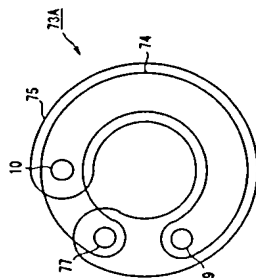
【図9】



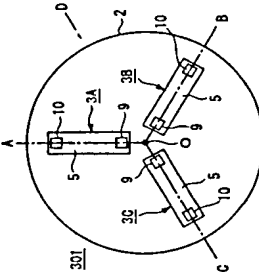
【図14】



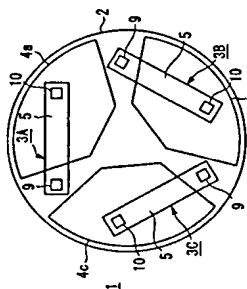
【図15】



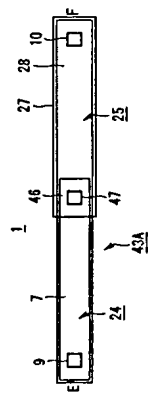
【図20】



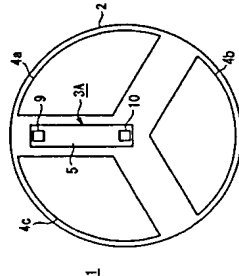
【図6】



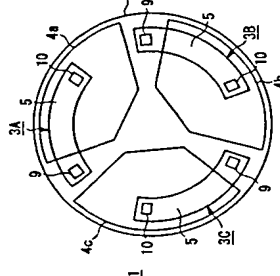
【図12】



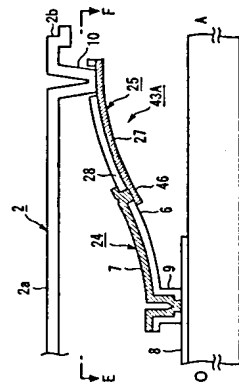
【図8】



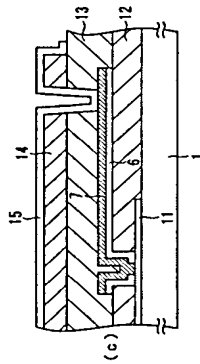
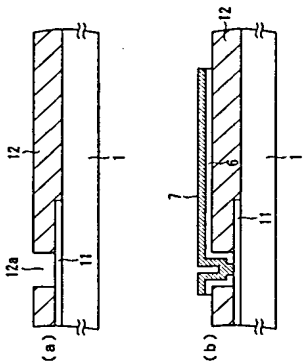
【図7】



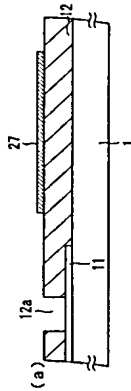
【図11】



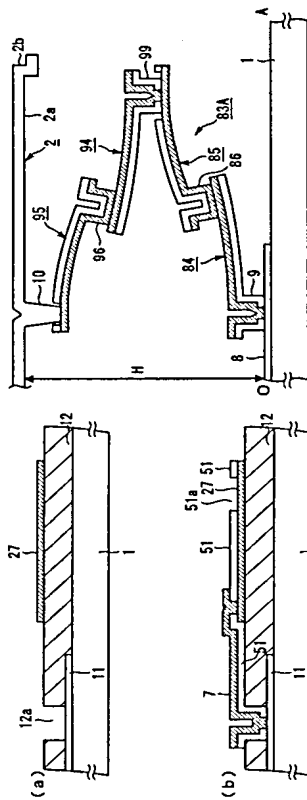
【図4】



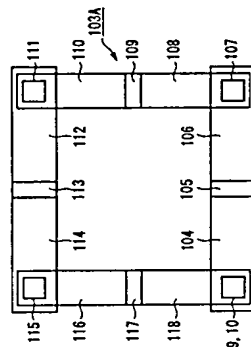
【圖 13】



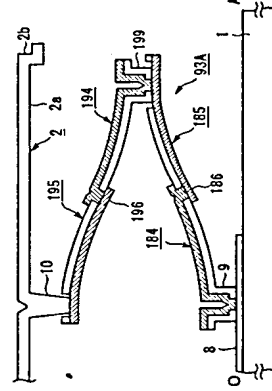
**【图16】**



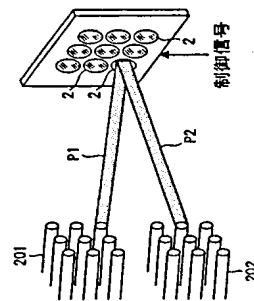
【例 18】



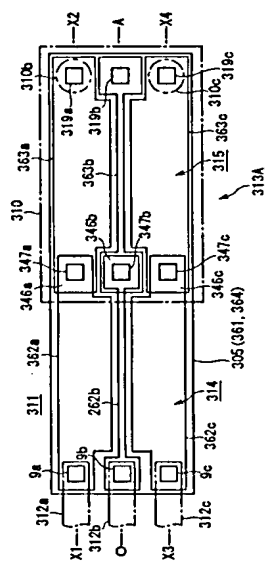
【图 17】



【19】



**[22]**



**[圖 23]**

